

WATERLOO

KATORDUW

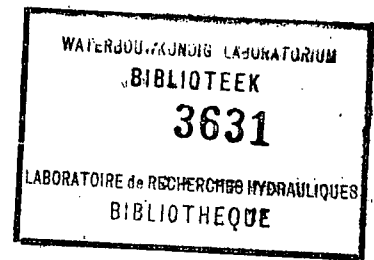
BIBLIOTHEEK

3631

LABORATOIRE DE RECHERCHES HYDRAULIQUES

BIBLIOTHEQUE

03000



131652

03000

VERSLAG OVER MODELPROEVEN VOOR EENE SPUINRICHTING AAN DE
NIEUWE SCHUTSLUIS TE OOSTENDE.

I) ALGEMEENE GEGEVENS.

Door dienstbrief Algemeene Directie der Waterwegen n° V.6/555 n° 8.594 van uitgang van 24 Mei 1934 werd het Waterbouwkundig Laboratorium te Berchem-Antwerpen door den Heer Minister van Openbare werken aanzoekt over te gaan tot een onderzoek, door middel van een model op kleine schaal, naar de doelmatigheid der ontworpen spuinrichting voor de deurnissen van de vloeddeuren der nieuwe schutsluis te Oostende. Het doel van deze inrichting is het slib weg te spuien dat in de deurnissen bezinkt en aldus het draaien der deuren bemoeilijkt. Het ontworpen spui moet met de volgende waterstanden worden in werking gesteld :

Waterstand in den schutkolk = 4m.00;

Waterstand beneden de sluis = 0m.00 (lage waterstand der zee)

Het benedenhoofd der schutsluis werd in het laboratorium op de schaal $\frac{1}{20}$ nagebootst. De foto n° 1 alsmede het plan n° 1 geven het geconstrueerde model weer.

De coëfficiënten die toelaten van de in het model gemeten grootheden over te gaan tot de grootheden der natuur werden berekend uit de wet van Froude. Stelt $\frac{1}{n}$ de modelschaal voor ($n = 20$ in het onderhavige geval) dan zijn de schalen der debieten, tijden en snelheden respectievelijk :

$$\text{Debieten} \dots \dots \dots \frac{1}{n^2 V n^3} = \frac{1}{20 \times 20 \times V 20^3} = \frac{1}{1769}$$

$$\text{Tijden} \dots \dots \dots \frac{1}{V n} = \frac{1}{V 20} = \frac{1}{4,4721}$$

$$\text{Snelheden} \dots \dots \dots \frac{1}{V n} = \frac{1}{V 20} = \frac{1}{4,4721}$$

II) KORTE BESCHRIJVING VAN HET MODEL.

Het voor het model benodigde water wordt door een buisleiding aan het bovenreservoir van het laboratorium ontleend; in deze leiding bevindt zich een kraan ten einde den watertoesvoer tot het model te kunnen regelen. De leiding mondt in een grooten bak uit welks wanden gevormd zijn uit halfsteens muren en inwendig bezet met een gladde, waterdichte cementlaag. De bak is voorzien van 7 \sqcup - overlaten waarvan de bovenranden zeer nauwkeurig in éénzelfde horizontaal vlak liggen. Aldus wordt een langen overlaat gevormd met een totale kruinlengte van 15m.12 Deze kruin bevindt zich op 1,5 mm onder de modelcota die met het peil + 4,00m der natuur overeenstemt. Het overtollige water vloeit langs de overlaten in het centrale betonkanaal van het laboratorium. Het overige gaat door de spuinrichting en komt aan het benedeneinde van het sluizenhoofd in een anderen bak terecht die insgelijks met \sqcup - overlaten voorzien is wier kruin op 1,5 mm. onder de modelcota ligt die met het peil 0,00 der natuur overeenstemt.

Door deze overlaten wordt verkregen dat de waterspiegels boven en beneden het sluizenhoofd steeds hun juiste hoogte behouden. Het debiet van de spuinrichting vloeit ten slotte gansch over de overlaten der hierboven beschreven benedenkuip en komt in een meetbak met Thomason-overlaat. Na de debietmeting loopt het water in het centrale betonkanaal in verbinding met de pompinstallatie van het laboratorium. Het sluizenhoofd werd in beton gemaakt omdat dit het materiaal is dat zich het gemakkelijkst leent tot het verwezenlijken eener juiste vormgeving. De longitudinale zijwanden der deurnissen bestaan uit 4 afneembare houten platen waarin de uiteinden der leidingen van het modelspui bevestigd zijn; deze leidingen zijn geheel uit lood vervaardigd en voorzien met de noodige afsluitkranen. De meetbak is uit hout en werd inwendig bekleed met geteerd asfaltpapier.

III) THEORETISCHE BESCHOUWINGEN INZAKE DE BETROUWBAARHEID DER MODEL-

PROEF.

De modelschaal is : $\frac{\ell}{L} = \frac{1}{n} = \frac{1}{20}$

als ℓ en L respectievelijk overeenkomende afstanden in model en natuur voorstellen.

De verhouding kinetische energie in de natuur is gelijk aan kinetische energie in het model

$$\frac{1/2 M V^2}{1/2 m v^2} = \left(\frac{M}{m}\right) \left(\frac{V}{v}\right)^2 = n^3 \times n = n^4$$

Hier stellen M en m massa's, V en v snelheden voor.

Het verplaatsen van het slib vergt een zekeren arbeid. Is de verhouding

Arbeid voor het verplaatsen van het slib in de natuur.

Arbeid voor het verplaatsen van het slib in het model.

gelijk aan n^4 , dan zullen de uitslagen in het model overeenkomen met wat in de natuur te verwachten valt. Laat ons dit punt van naderbij onderzoeken.

Als eerste kracht, die in beschouwing moet genomen worden, komt de zwaartekracht. W en w stellen volumens voor, respectievelijk in de werkelijkheid en in het model.

$(\rho_n - 1)$ is het soortelijk gewicht in water van het materiaal der natuur,

$(\rho_m - 1)$ is het soortelijk gewicht in water van het modelmateriaal,

L_v en ℓ_v verticale verplaatsingen respectievelijk in natuur en model,

L_h en ℓ_h horizontale verplaatsingen respectievelijk in natuur en model.

We hebben dan

Arbeid der zwaartekracht in de natuur = $(\rho_n - 1) W \cdot L_v$

Arbeid der zwaartekracht in het model = $(\rho_m - 1) w \cdot \ell_v$

en de verhouding.

$$\frac{\text{Arbeid zwaartekracht in de natuur}}{\text{Arbeid zwaartekracht in het model}} = n^4 \cdot \frac{(\rho_n - 1)}{(\rho_m - 1)}$$

Gebruikt men in het model het materiaal der natuur, dan is deze verhouding gelijk aan n^4 .

Als het zwaartepunt van de verplaatste massa niet daalt of stijgt, valt de arbeid der zwaartekracht buiten beschouwing.

De arbeid volgens (L_n, L_h) is een wrijvingsarbeid waarop de wet van Coulomb kan toegepast worden.

$$\text{Wrijvingsarbeid in de natuur} = (\rho_n - 1) \cdot W \cdot \gamma_n \cdot L_h$$

$$\text{Wrijvingsarbeid in het model} = (\rho_m - 1) \cdot w \cdot \gamma_m \cdot l_h$$

γ_n en γ_m zijn hier zekere wrijvingscoëfficiënten respectievelijk in de werkelijkheid en in het model.

We stellen voor den wrijvingscoëfficiënt in het algemeen

$$\psi = F(\rho_i, \rho_n, n)$$

en in het bijzonder geval dat ons bezighoudt

$$\gamma_n = F(\rho_m, \rho_{un}, 1)$$

$$\gamma_m = F(\rho_{im}, \rho_{um}, n)$$

Hierin zijn

ρ_{in}, ρ_{im} inwendige wrijvingscoëfficiënten respectievelijk in natuur en model.

ρ_{un}, ρ_{um} uitwendige wrijvingscoëfficiënten ten respectievelijk in natuur en model.

$\frac{1}{n}$ de modelschaal.

De voorgaande formules kunnen dus geschreven worden

$$\text{Wrijvingsarbeid in de natuur} = (\rho_n - 1) W \cdot F(\rho_{in}, \rho_{un}, 1) L_h$$

$$\text{Wrijvingsarbeid in het model} = (\rho_m - 1) w \cdot F(\rho_{im}, \rho_{um}, n) l_h$$

$$\text{We schreven } \psi = F(\rho_i, \rho_u, n) \text{ en niet } \psi = F(\rho_i, \rho_u)$$

omdat

het niet uitgesloten is dat de invloed der uitwendige wrijving (voortkomende van de wanden) relatief grooter is in het model dan in de natuur. Deze afwijking kan nochtans niet groot zijn.

Gebruikt men in het model het materiaal der natuur en hebben de wanden dezelfde ruwheid dan komt men tot de uitdrukkingen

$$\text{Wrijvingsarbeid in de natuur} : = W \cdot (P-1) \cdot L_h \cdot F(L_i, L_u, 1)$$

$$\text{Wrijvingsarbeid in het model} : = w \cdot (P-1) \cdot l_h \cdot F(L_i, L_u, n)$$

en de verhouding

$$\frac{\text{Wrijvingsarbeid in de natuur}}{\text{Wrijvingsarbeid in het model}} = n^4 \frac{F(L_i, L_u, 1)}{F(L_i, L_u, n)}$$

Volgens hetgeen hierboven gezegd werd is $F(L_i, L_u, 1)$ gelijk aan of misschien wat kleiner dan $F(L_i, L_u, n)$ zoodat de verhouding der wrijvingsarbeiden gelijk is aan n^4 of een weinig kleiner. Houdt men anderszids rekening met het feit dat de arbeiden der zwaartekracht in natuur en model tot elkander staan in de verhouding n^4 , dan mogen wij besluiten dat de modelproeven overeenstemmende uitslagen met de natuur geven zullen, of mogelijk ook, uitslagen die een weinig ongunstiger zijn in het model dan in de natuur, van het oogenblik dat men in de modelproeven het bodemmateriaal der natuur gebruikt. Ten einde over deze vraag meer zekerheid te krijgen hebben wij een proef uitgevoerd op een model grootere schaal; men kon aldus den invloed der modelschaal nagaan (zie verder § IV, c).

Uit de voorgaande onderzoeking blijkt dat het wenschelijk is in het model het materiaal der natuur te gebruiken. We hebben ons ervan kunnen overtuigen dat het scheldeslijk zeer weinig verschillen vertoont met datgene wat voor de Oostendsche sluisdeuren bezinkt en waarvan de Bijzondere Dienst der

6.

Kust ons een staal liet toekomen. We bezigden dus in ons model schel-
deslijk om niet te veel bodemmateriaal van Oostende te laten opsturen.

Daar dit materiaal nochtans niet zindelijk is en bij veelvuldig gebruik
te veel slijtage aan de pompen zou veroorzaken, hebben wij onderzocht of
het niet mogelijk was in de voorloopige proeven een ander bodemmateriaal
aan te wenden. We steunden ons hierin op een studie van Professor E.
Meyer-Peter voor de sluizen van het Albertkanaal te Wijnegem. In zijn
verslag over de modelproeven voor deze bouwwerken laat de Heer Meyer-
Peter zich als volgt uit :

" Men merkt op hoe gering de invloed der korrelgrootte van het experimen-
" teele zand is op de maximale diepte der ontgronding. We gelooven dat
" hetzelfde verschijnsel zich in de natuur voordoet : de absolute, uit-
" eindelijke grootte eener ontgronding hangt niet af van de hardheid van
" den bodem: deze beïnvloedt slechts den tijd die noodig is om die sta-
" biele ontgronding tot stand te brengen. De modelontgronding geeft dus
" weer wat in de werkelijkheid te verwachten valt. Deze zienswijze werd
" bevestigd gevonden telkenmale als het mogelijk was de uitslagen der
" modelproef te toetsen aan de opmetingen op het uitgevoerde bouwwerk."

Daardoor zijn wij er toe geleid geweest vaststellingen te doen aan-
gaande de wijze waarop verschillende bodemmateriaalen zich gedragen.
Er werden proeven genomen met zeer grofkorrelig Rijnzand, zand van Moll,
plafonneerzavel, Rupelzand, kieselguhr en scheldeslijk. Deze proeven wer-
den uitgevoerd op het type I der spuinrichting, dit is de oorspronke-
lijke inrichting ontworpen door den Bijzonderen Dienst der Kust.

IV.) BESCHRIJVING DER EXPERIMENTEN.

a) Vergelijking der verschillende bodemmateriaalen.

Ziehier het verloop eener proefneming : het bodemmateriaal werd in het model gebracht aan den benedenkant der vloeddeur en uitgespreid over het gearceerde deel der bodemoppervlakte (zie plan n° 1). Daarna werden de waterspiegels verwezenlijkt, boven het sluizenhoofd, gebeurde dit door het openen der kraan in de toevoerleiding. Langs den benedenkant werd het water voorzichtig ingevoerd door middel van een op de stadswaterleiding bevestigden darm. Daarna werd het model in werking gesteld : het spuien geschiedde langs alle zes spuigaten samen. Na een bepaalden tijd werd de strooming langs de spuinrichting stopgezet en werd de verkregen materiaalverplaatsing gefotografeerd.

Wij konden de volgende vaststelling doen: welk ook het materiaal is, afgezien van den duur van het spuien, bekomt men steeds dezelfde vormen. Voor Rupelzand, zand van Moll, plafonneerzavel en slijk bekomt men voor denzelfden spuitijd ongeveer dezelfde materiaalverplaatsingen. Voor kieselguhr is de tijd merkkelijk kleiner en voor het zeer grofkorrelig Rijnzand veel grooter. Zie foto's n° 2 voor Rupelzand, n° 3 voor zand van Moll, N° 4 voor plafonneerzavel en N° 5 voor slijk. Foto N° 6 voor kieselguhr toont na 5 minuten spuien een gunstiger toestand en foto n° 7 geeft den toestand weer na 60 minuten voor zeer grofkorrelig Rijnzand; niettegenstaande den veel langeren spuitijd is de situatie hier minder voordeelig dan voor zand van Moll of gelijkaardige materialen. Gezien deze uitslagen werden al de voorloopige proeven uitgevoerd met zand van Moll en slechts de eindproeven zijn gedaan geweest met slijk.

b) Volledige studie der spuinrichting.

Tijdens de proefnemingen merkt men op dat het spuien slechts nuttig effect heeft gedurende een zekeren tijd, die aanvangt met het begin der bewerking. Is deze periode verstreken, dan brengt verder spuien geen merkkelijke verbetering in den toestand. Die periode kan geschat worden op ongeveer 1/2 uur (tijd omgerekend tot de natuur.)

Daar de spuinrichting voorgesteld door den Bijzonderen Dienst der Kust niet de volledige wegruiming der bezinkingstoffen kon verwezenlijken, werden verschillende veranderingen aan den vorm en de richting der spuigaten aangebracht. Eindelijk zijn wij tot het type IV gekomen (zie rechterzijde der foto's n^o 8 en n^o 9; aan de linkerzijde is een vroeger type bewaard gebleven dat niet voldoende gebleken was). De inrichting aan de rechter kant is bevredigend voor wat het kuischen der deurnissen aangaat. Het is nochtans met deze schikking onmogelijk de gansche sluisbreedte te bestrijken en veel materiaal blijft in het midden liggen. Na nog verschillende inrichtingen ^{ingen} onderzocht te hebben, zijn wij tot een definitieve inrichting type VII gekomen die zeer gunstige uitslagen geeft zooals blijkt uit de foto n^o 10 die den uitslag van een proef met slijk weer-geeft. De kleine hompels die links en in het midden overblijven zijn van geringe hoogte; de hompel links is hoogst waarschijnlijk een gevolg van eene kleine uitvoeringsfout in de spuigaten van den linker oever. Deze foto stelt de uitwerking voor van 6 minuten zijdelings spuien (6 minuten in model = 26 min. 50 sec. in de werkelijkheid) gevolgd door 6 minuten axiaal spuien. Ook het waterverbruik werd opgenomen en beliep op 3, 561 l/sec. (of 6,299 m³/sec. in de natuur) voor de zijdelingsche spuigaten en 2,132 l/sec. (of 3,772 m³/sec. in de natuur) voor de axiaal werkende spuigaten. De dikte der sliblaag bedroeg 1,5 cm in het model, dus 30 cm. in de natuur.

c) Proef op groter schaal.

Ten einde de theoretische beschouwingen in § III ontwikkeld nog nader te begronden, werd besloten éézelfde proef uit te voeren in het model $\frac{1}{20}$ en tevens in een veel grooter model met als schaal $\frac{1}{5}$ der natuur;

de lineaire afmetingen van het tot hiertoe gebezigde model werden dus met 4 vermenigvuldigd. De beschikbare ruimte maakte een beperking der afmetingen noodzakelijk; men zag zich gedwongen slechts een half sluizenhoofd na te bootsen (zie foto n° 11). Dit model werd begrensd door de longitudinale as der sluis, de linker-vloed-deur en de linker deurnis en er werd slechts een enkel zijdelingsch spuigat aangebracht. Als de bodem-materiaal werd Rupelzand gebezigd; in het groote model werd $4 \times 4 \times 4 = 64$ maal meermateriaal ingebracht dan in de kleine. Foto n° 12 geeft het resultaat weer van 4 minuten strooming in het kleine model; het debiet van het spuigat was $0,625 \text{ l/sec}$. In foto n° 13 is de uitslag afgebeeld verwezenlijkt door de strooming in het groote model gedurende den overeenkomstigen tijd, d.i. $4\sqrt{4} = 8$ minuten, het debiet zijnde $0,625 \times 4 \times 4 \times \sqrt{4} = 20 \text{ l/sec}$. Uit een vergelijking der foto's 12 en 13 blijkt duidelijk dat de uitslag in het groote model minstens zoo goed is als die in het kleine en dat de theoretische beschouwingen van § III zich aanpassen bij de werkelijkheid. In deze omstandigheden is men geoorloofd te besluiten dat de uitslagen op het model bekomen voldoende overeenstemmen met wat in de werkelijkheid te verwachten valt.

V. CONCLUSIES.

- 1) Uit de modelproeven blijkt dat de door het laboratorium voorgestelde inrichting (zie plan n° 2) zeer bevredigende uitslagen geeft. Wij voegen bij dit verslag de gietvormen der zijdelingsche spuigaten van dit ontwerp; de gietvormen der axiale spuigaten zijn niet verwezenlijkt geworden.
- 2) De proeven toonen aan dat een spuien van 6 minuten met de zijdelingsche spuigaten alleen en daarna 6 minuten met de axiale alleen voldoende is (6 minuten modeltijd omgerekend tot de werkelijkheid is 26 min. 50 sec.) Het waterverbruik in het model is dan :

$$(3,561 + 2,132) \times 360 = 2049,48 \quad 1.$$

en het overeenkomstige verbruik in de natuur

$$2,04948 \times 20 \times 20 \times 20 = 16,396 \text{ m}^3.$$

De oppervlakte van de door de schutsluis bediende vloedkom is 4 Ha.62 = 46.200 m². Een spuing als hierboven beschreven zou dus een daling van $\frac{16.396}{46.200} = 0,355$ m. van den waterspiegel der vloedkom veroorzaken. Deze spuing zou dus zonder bezwaar om de 14 dagen kunnen uitgevoerd worden. Wij moeten hier nog doen opmerken dat de in het model gebrachte sliblaag overeenkwam met een laag van 30 cm. dikte in de natuur terwijl de aanslibbing te Oostende in 2 weken ongeveer 15 cm. bedraagt. Vermindert de dikte der neergezette laagslib, dan mag natuurlijk ook de duur der spuing verkort worden.

3) Een bepaalde hoeveelheid water zal des te meer uitwerking hebben naarmate zij sneller door het spui es gestroomd. Men zal dus trachten in de spuigaten een zoo groot mogelijke snelheid te verwezenlijken en daar het verval gegeven is, blijft niets anders over dan te trachten het drukverlies in de toevoerleidingen te verminderen. Het is b.v. aanbevelingswaardig aan de horizontale leidingen die het water aan den schutkolk ontleenen een zoo groot mogelijke sectie te geven.

4) Men kan niet genoegzaam drukken op de noodzakelijkheid eener juiste uitvoering van het voorgestelde ontwerp.

Opgesteld door de ondergeteekenden.

Antwerpen, November 1934.

De Administrateur-Inspecteur Generaal.

L.BONNET.

De Eerstaanzend Ingenieur,

J.BLOCKMANS.

De Ingenieur,

J.Lamoen.

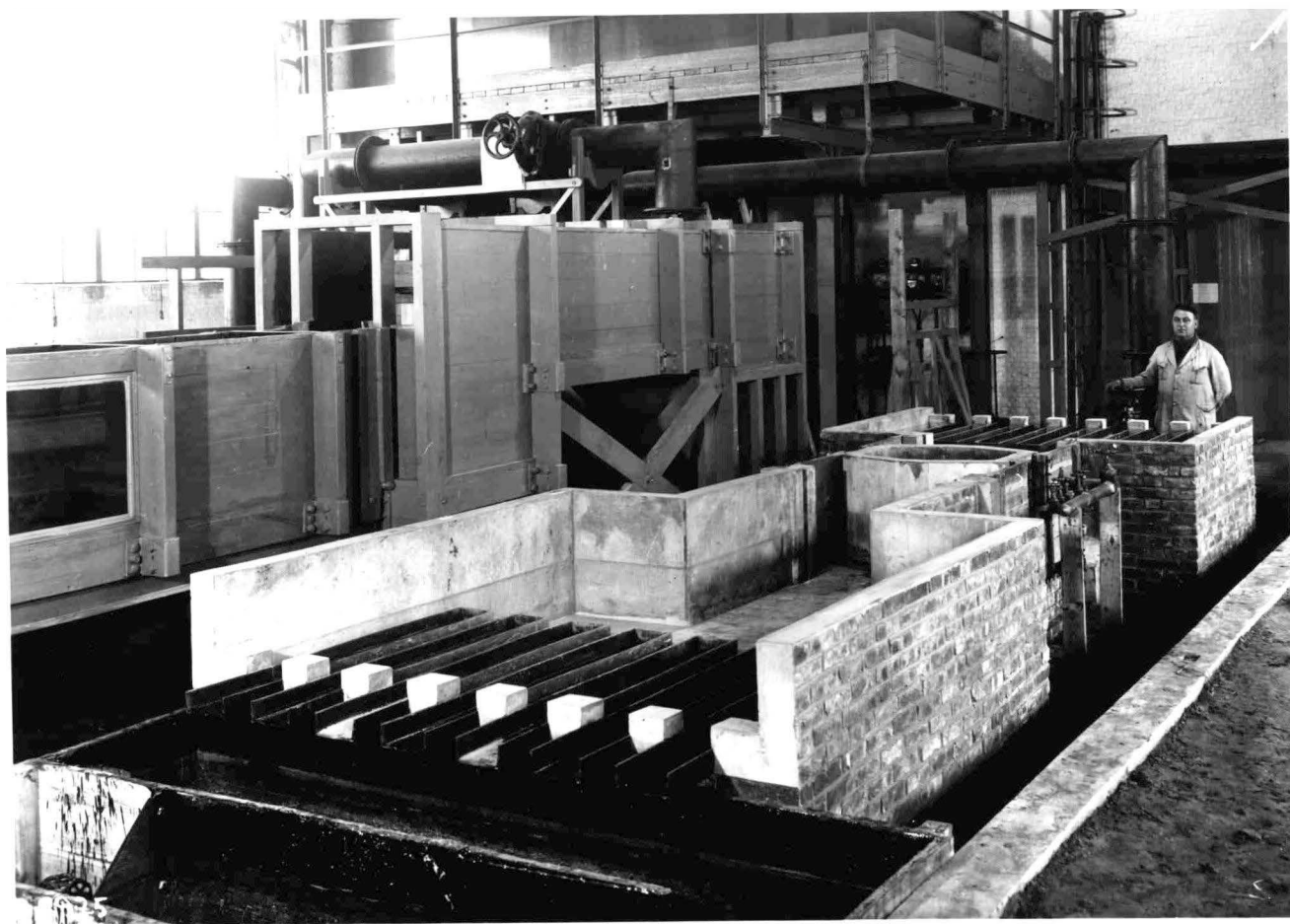


Foto Nr 1.

I. 5.
GEZIFT RUPELZAND
5'
22-8-34



Foto N°2.

Sable du Rupel
Dune de la classe 5 mm

ZAND VAN MOLL
5'
21-8-34.

Foto N°3.

Leve de moll
diver de la clame. 5 min



I.6.
ZAVEL
5'
23-8-34

Foto N°4.

Sable de plasmage
Densité de la charge 5%



Foto Nr 5. *Boue de l'Escaut
sur le de la chene: 5 m.*

I.7.
KIESELGUHR
5'
23-8-34



Foto N°6.

Kieselguhr
Dünne de la classe = 5 mm

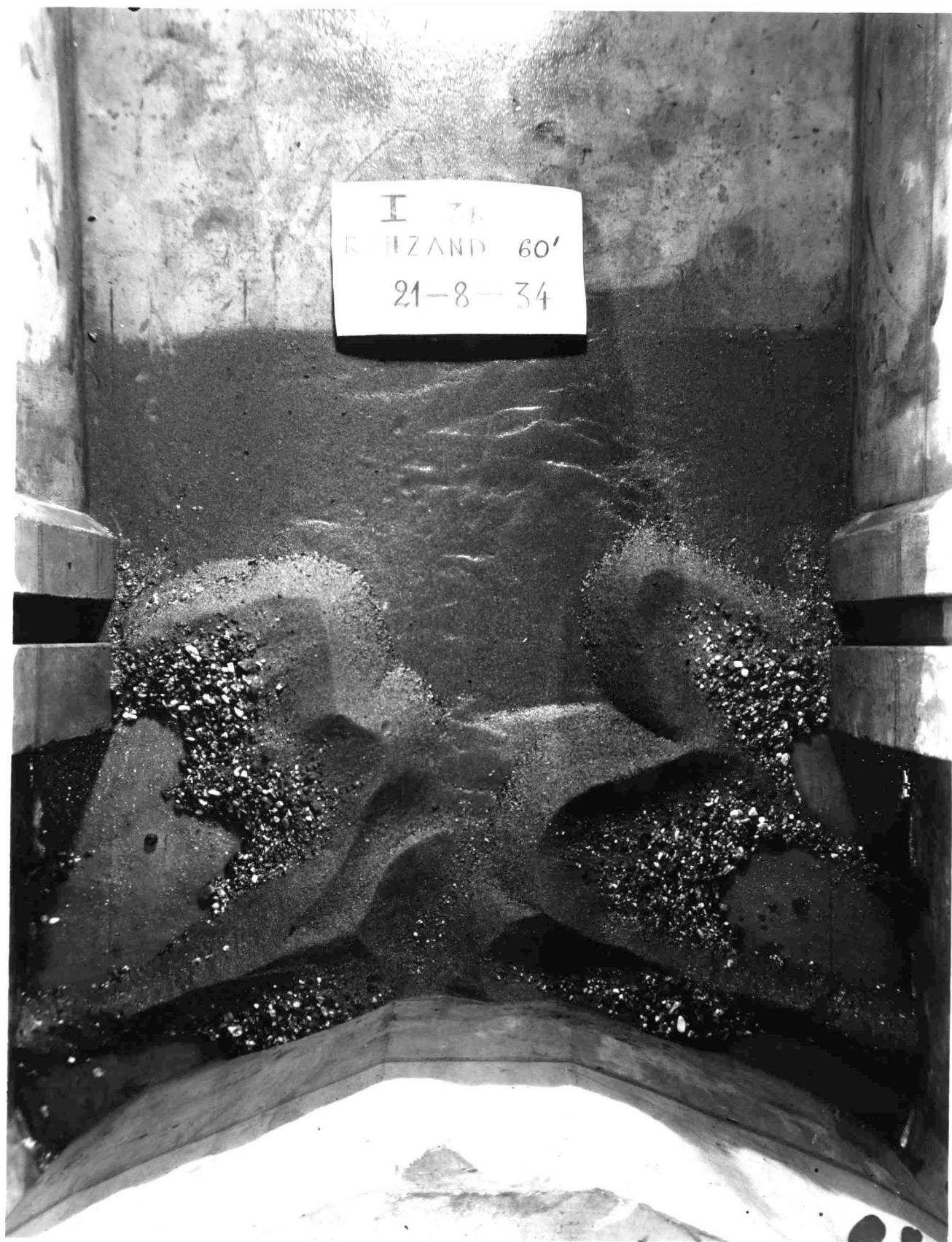


Foto N° 7.

*Sabbia del Rhin
Densità della sabbia = 60 metri*

IV 2
ZAND VAN MOLL
7½'
5-9-34

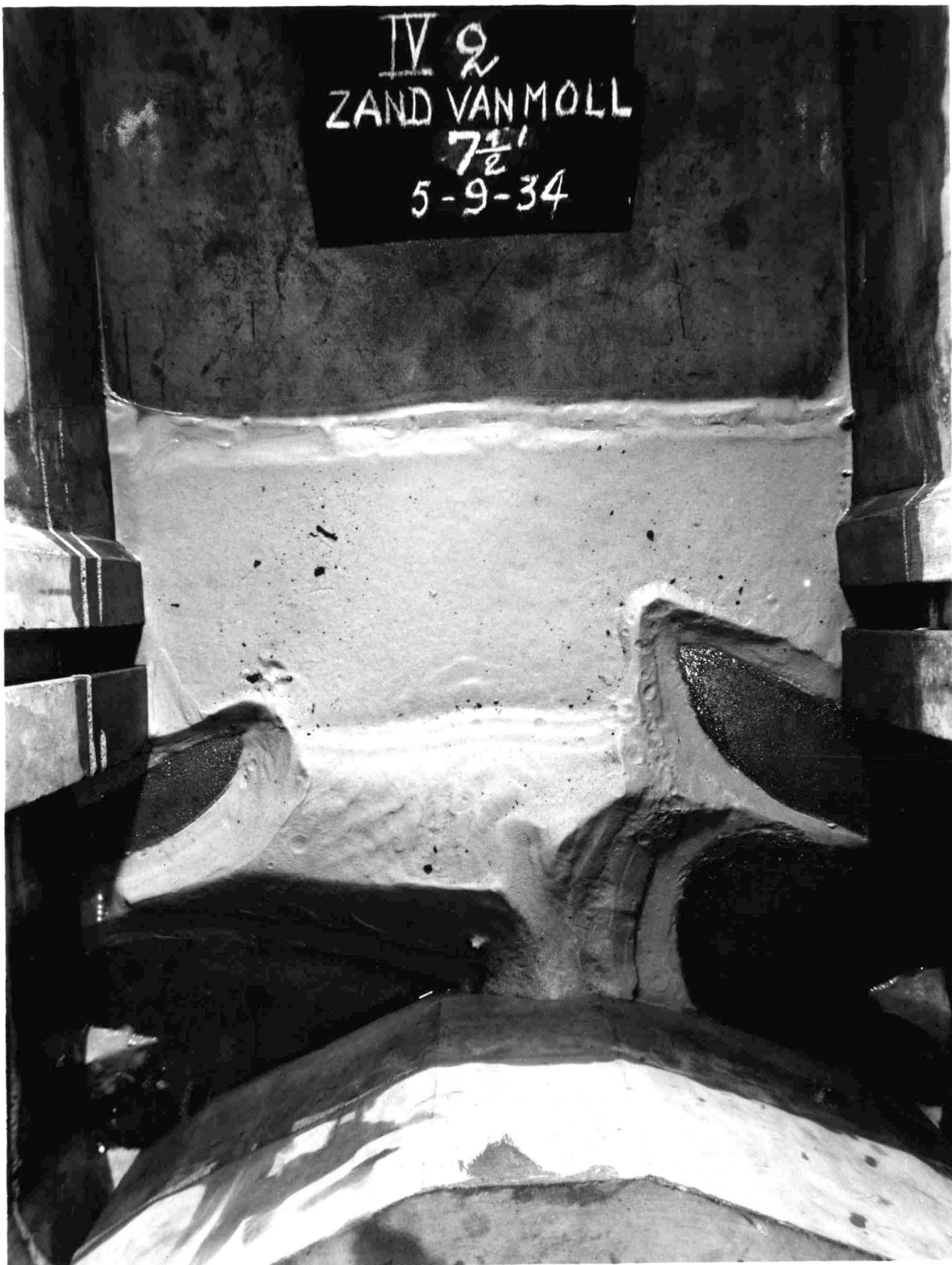


Foto Nr 8.

Sable de Moll
Dureté de la charn = 7,5 mm

IV 1
ZAND VAN MOLL
15'
5-9-34

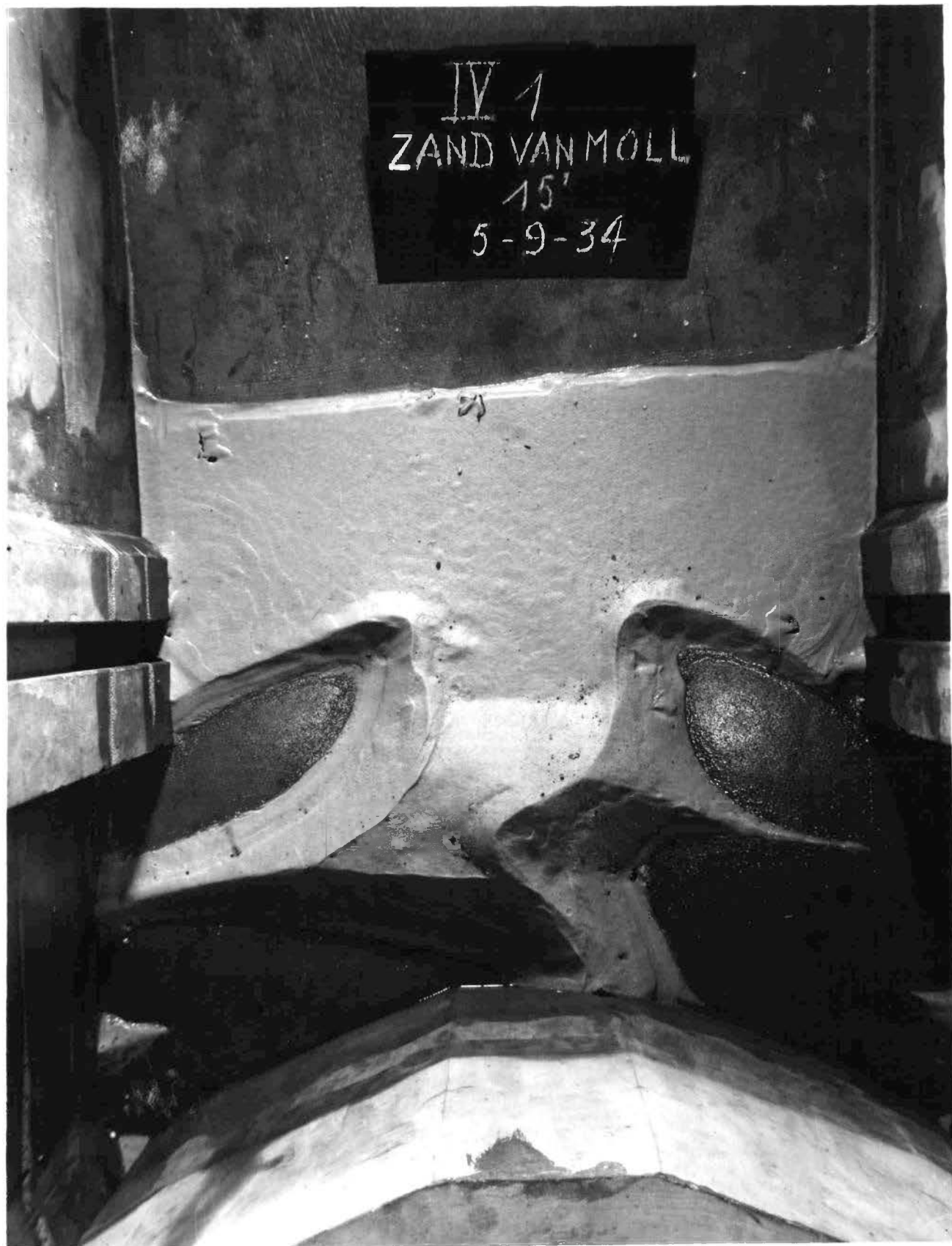


Foto N°9.

Sable de Moll.
bassin de la chaux - 15 mètres



Foto N°10

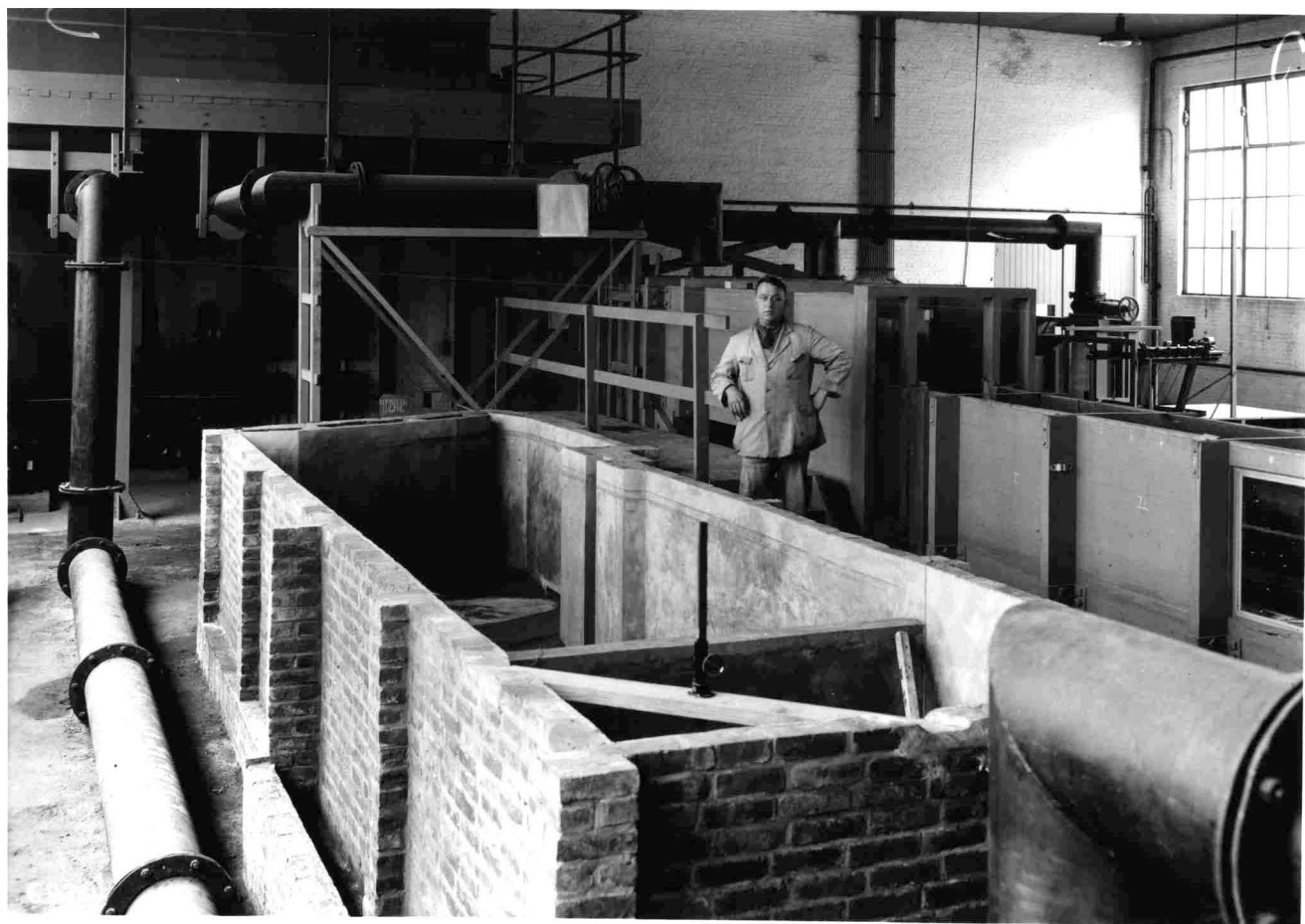
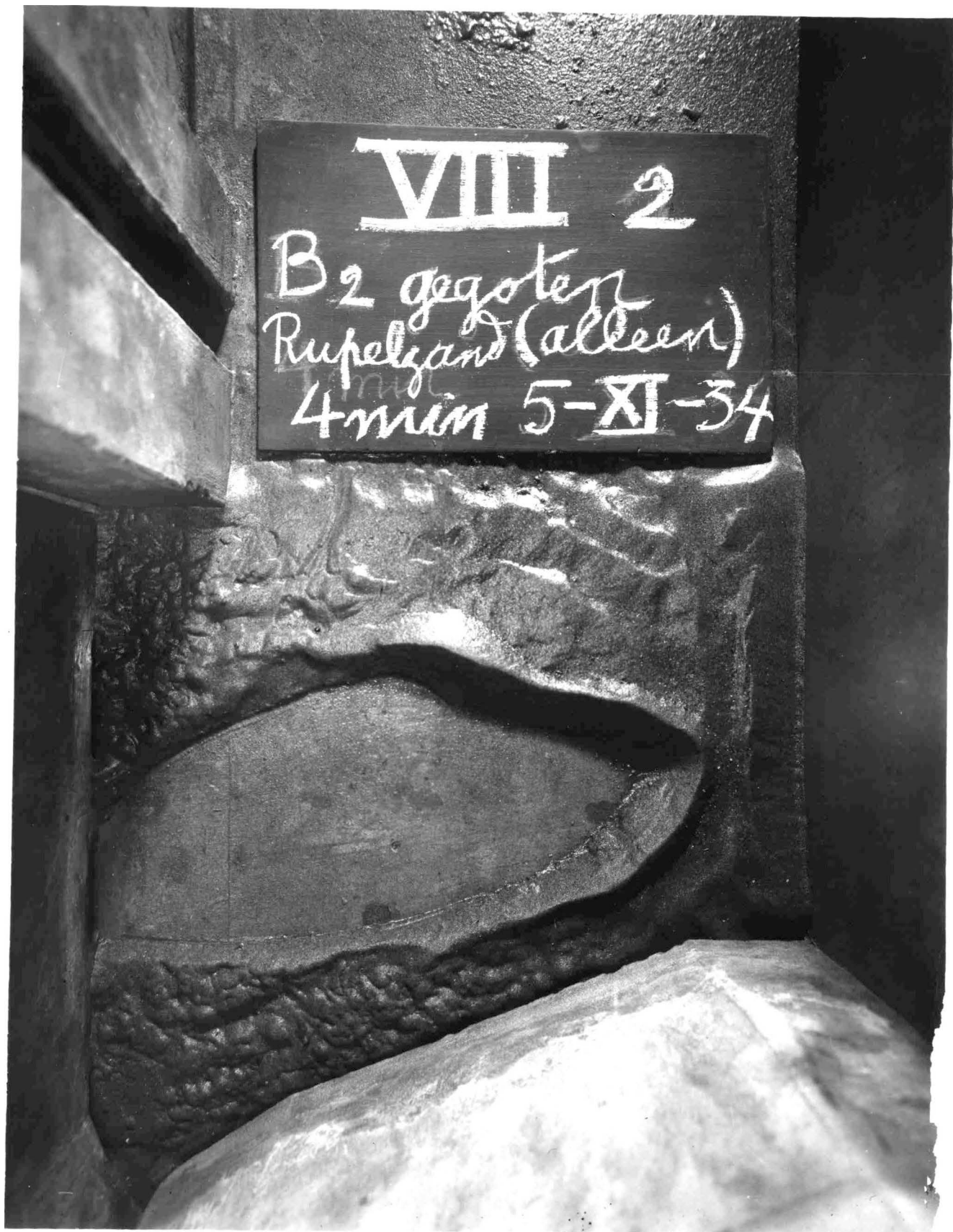


Foto Nr 11.





Root model
DXT Rupture
8 minutes
5-XI-34

MINISTERIE VAN
OPENBARE WERKEN
WATERBOUW LABORATORIUM
UITBREIDINGSTR. NR.89-91
BERCHEM-ANTWERPEN

MODELPROEF SPUINRICHTING AAN DE NIEUWE SLUIS TE

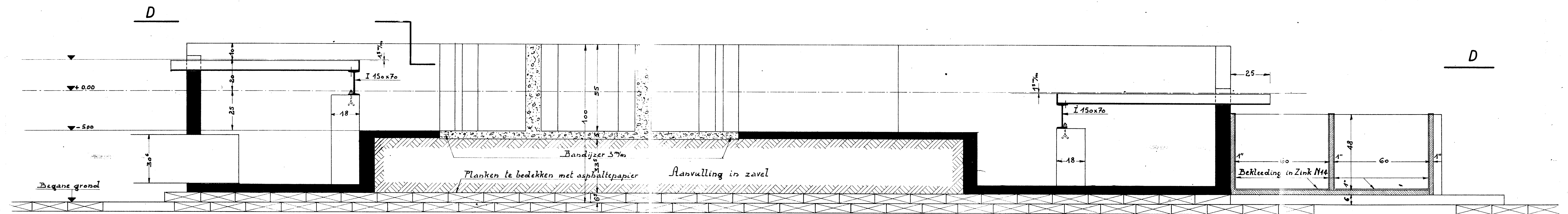
OOSTENDE

PLAN NR 1

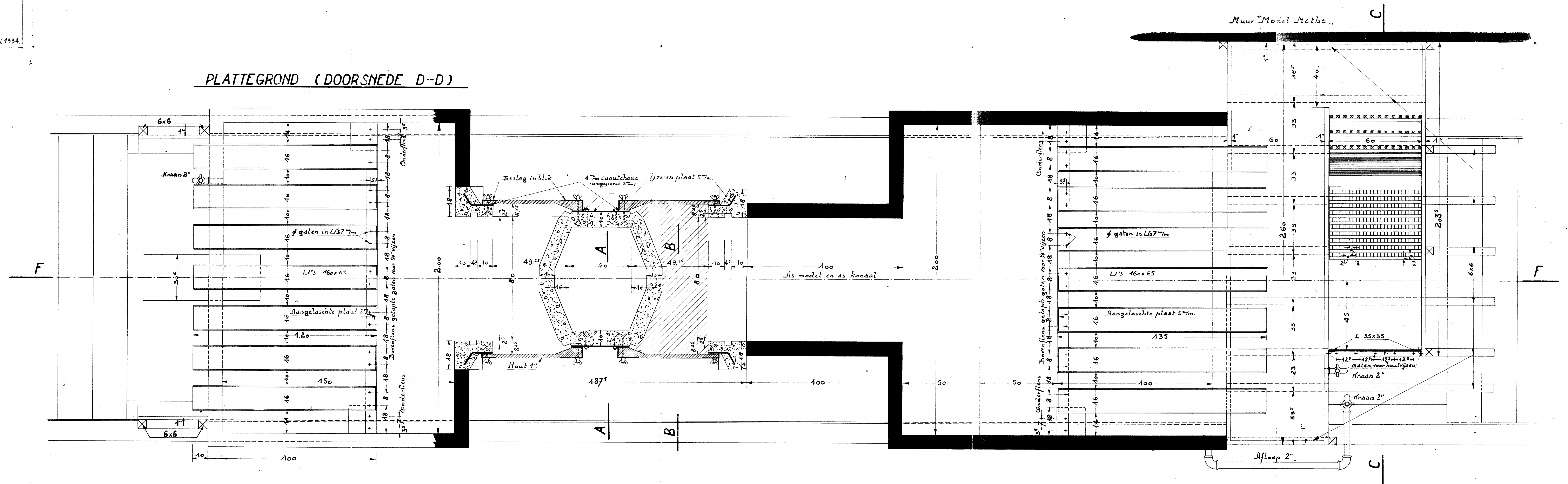
SCHAAL DER TEEKENINGEN:
1/40 VAN HET MODEL

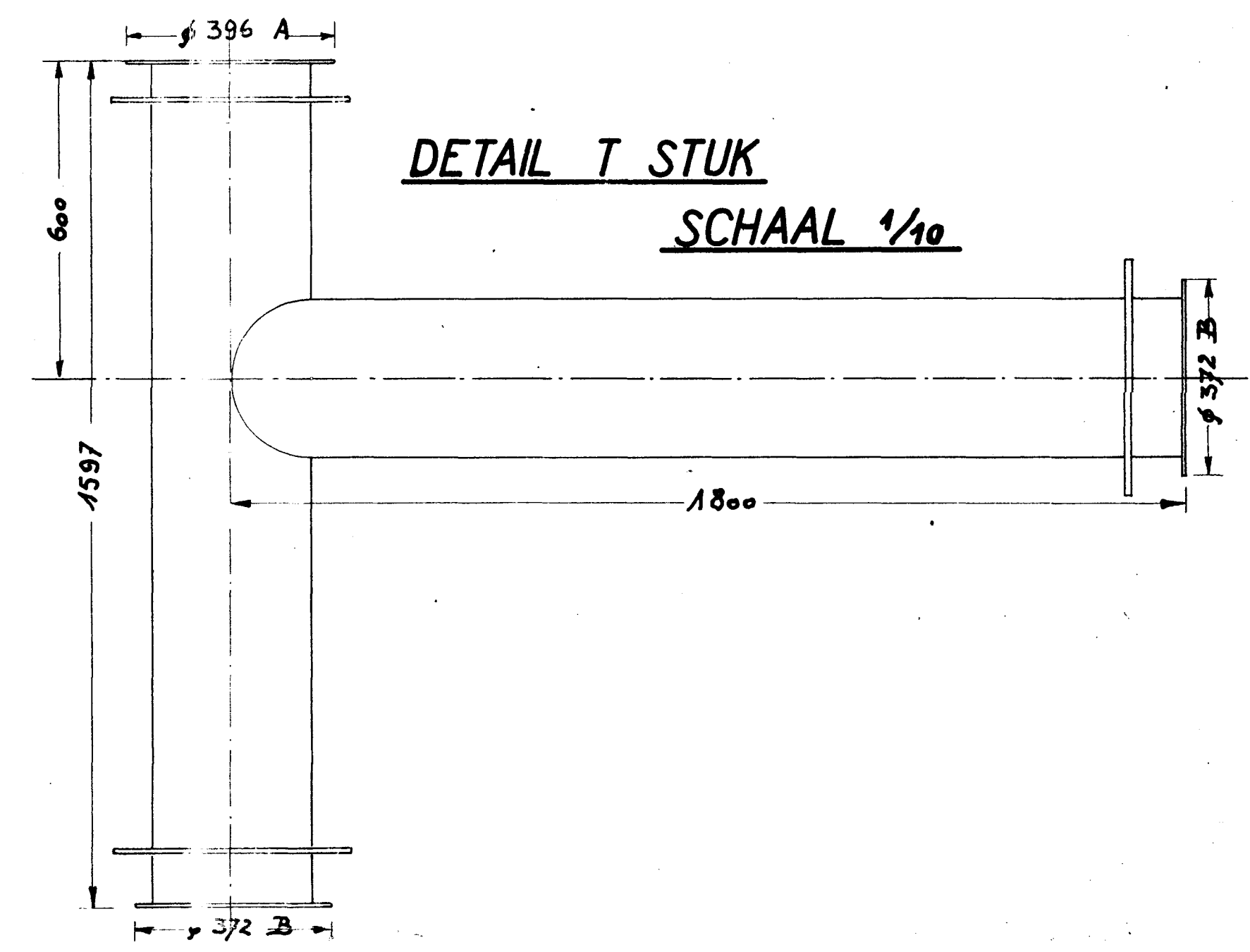
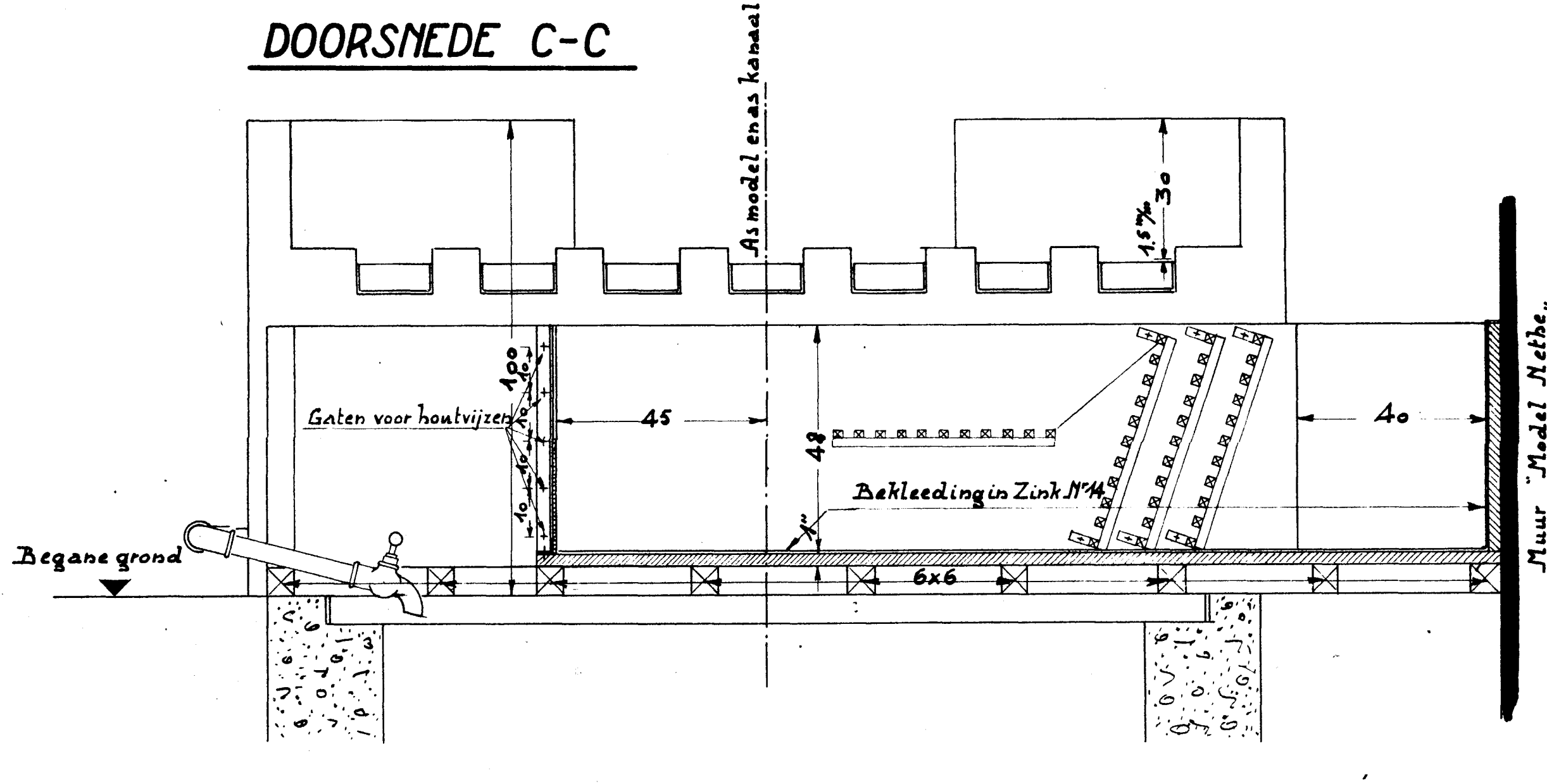
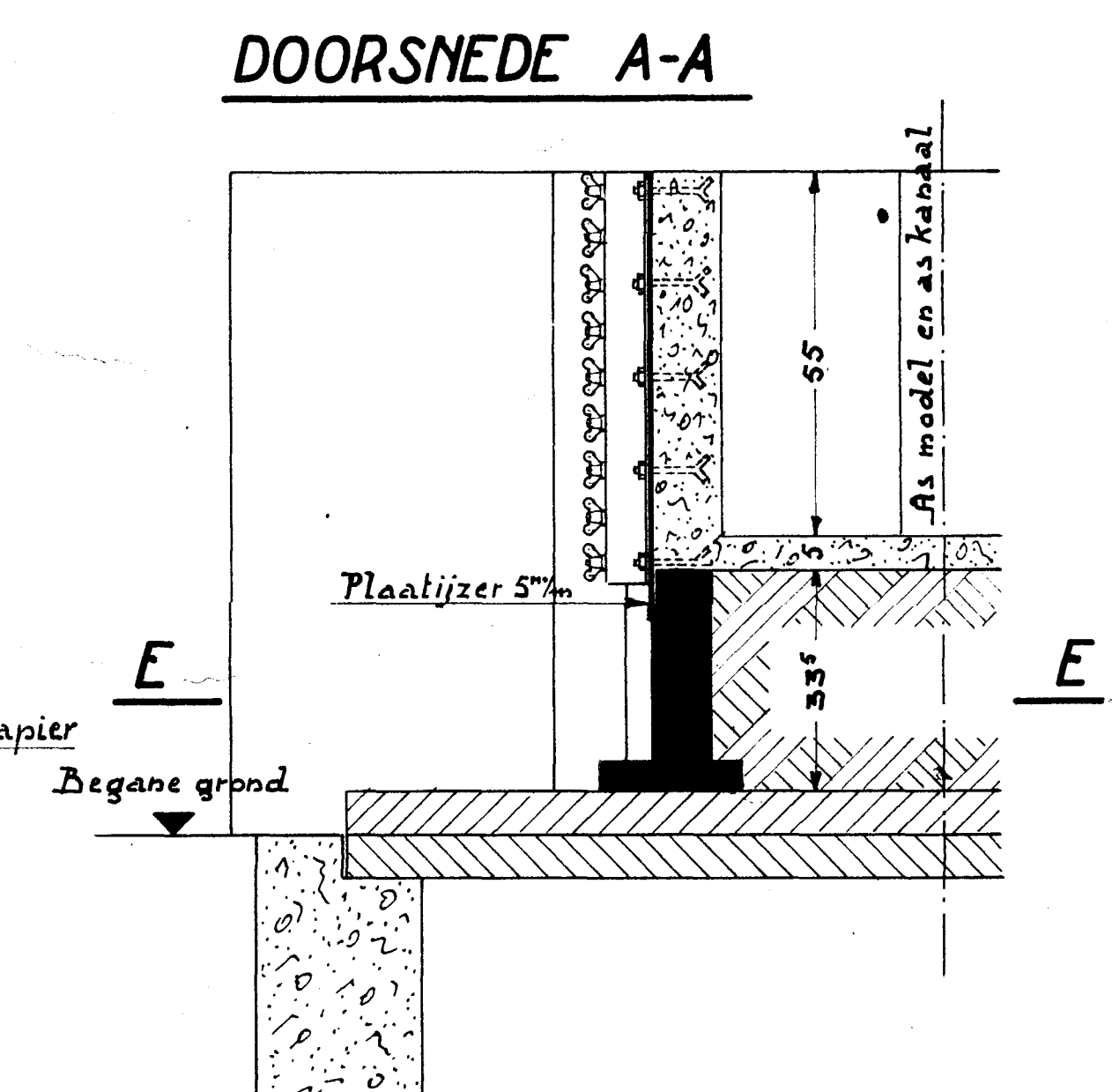
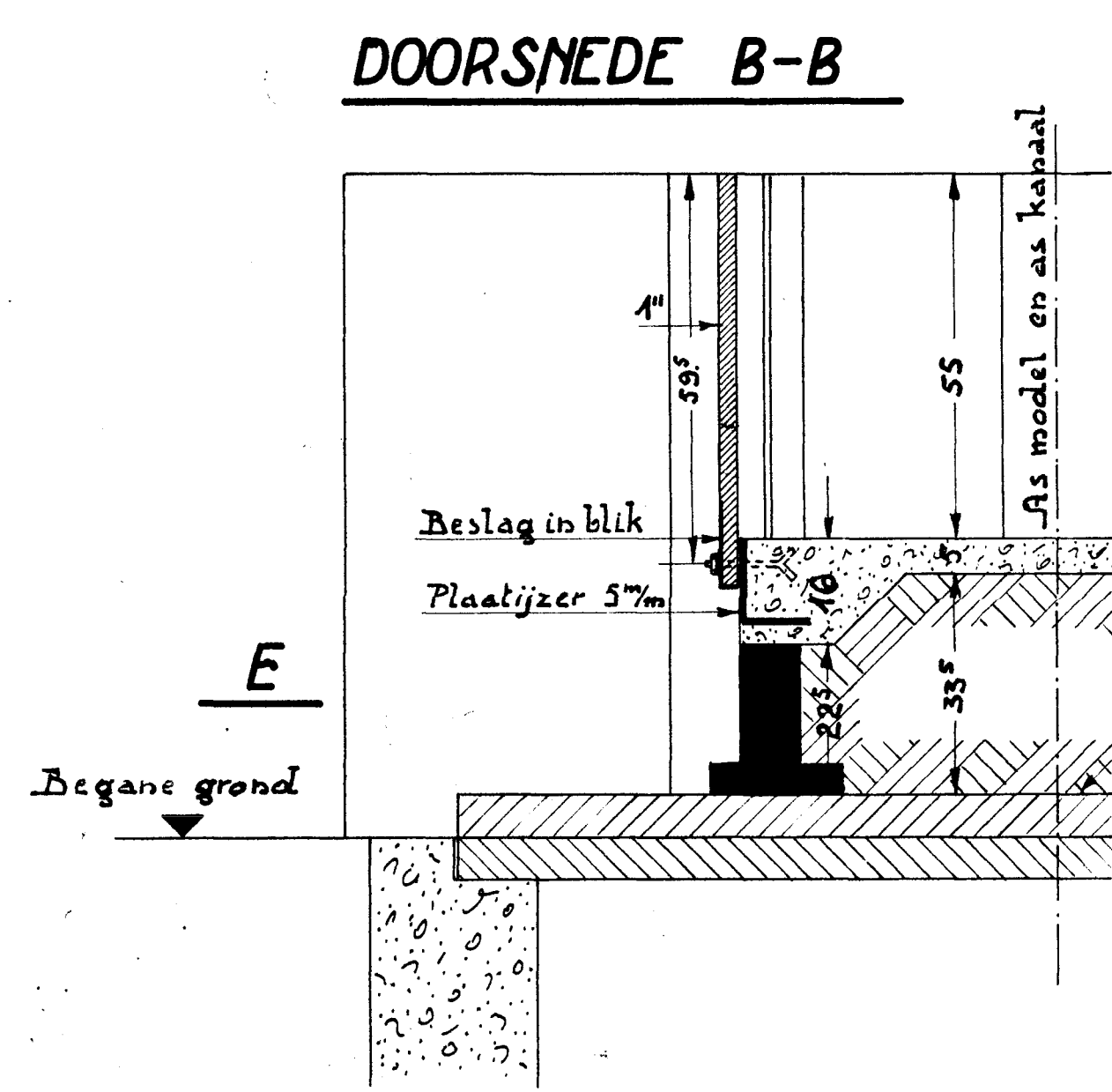
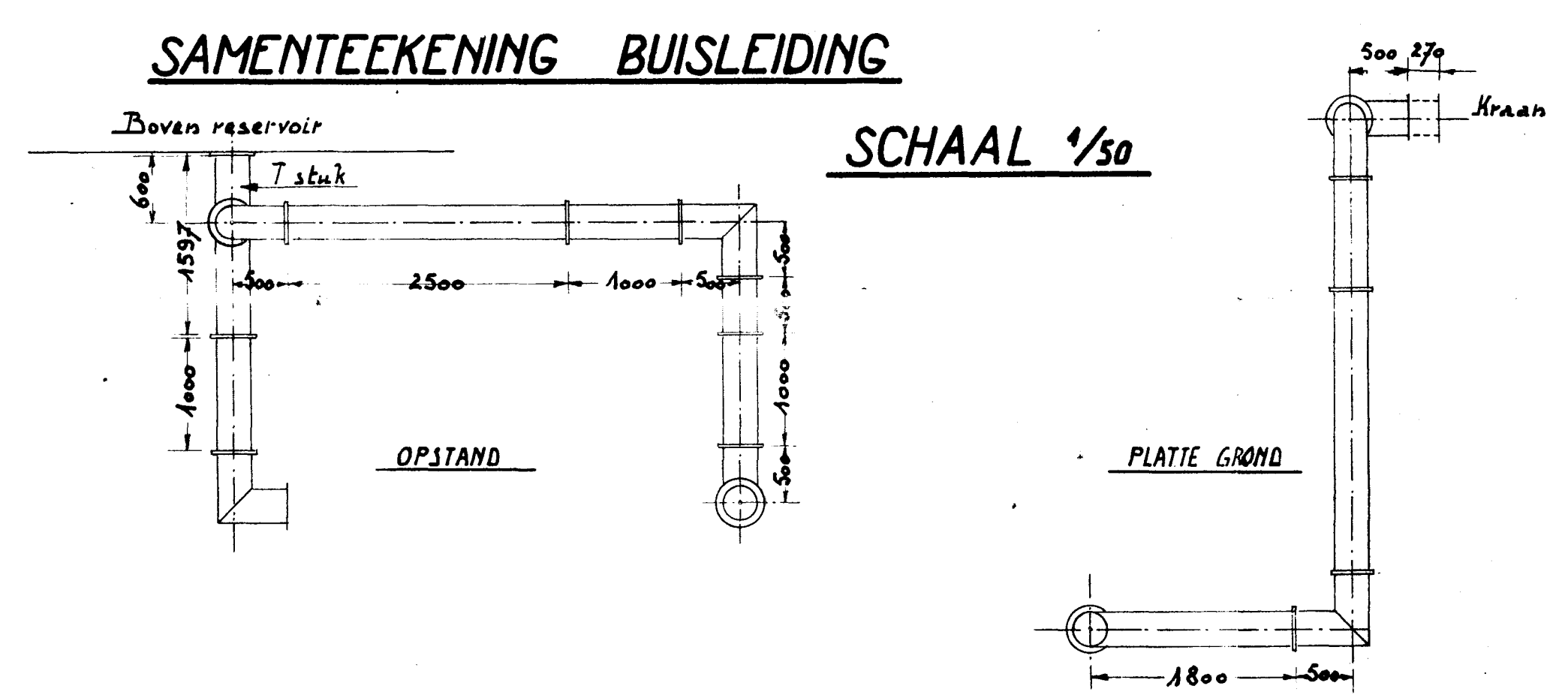
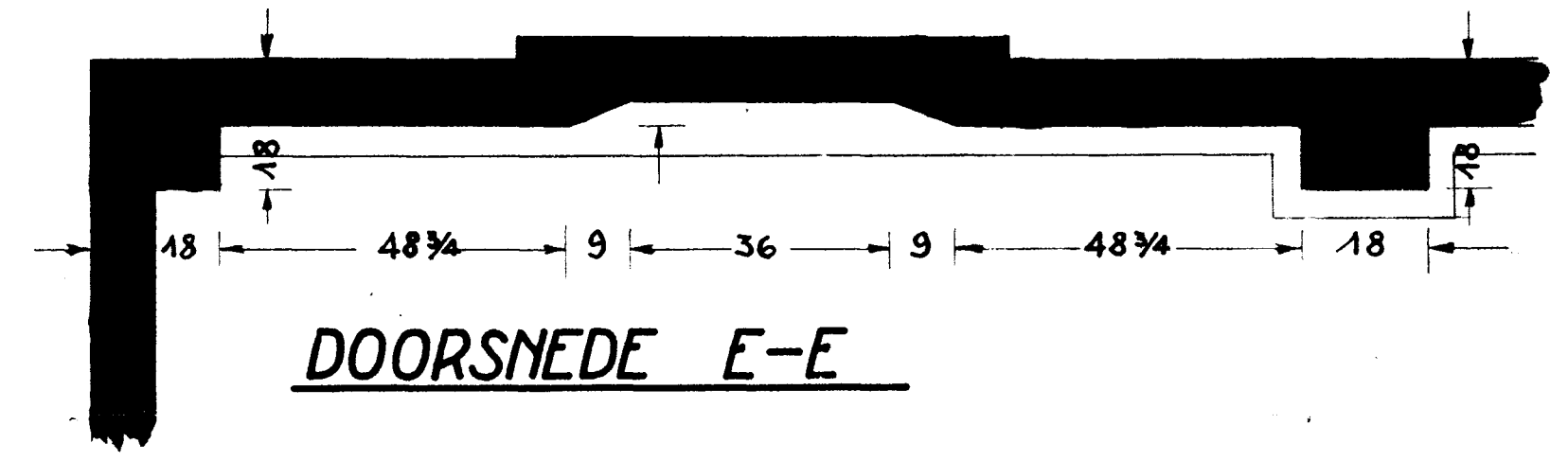
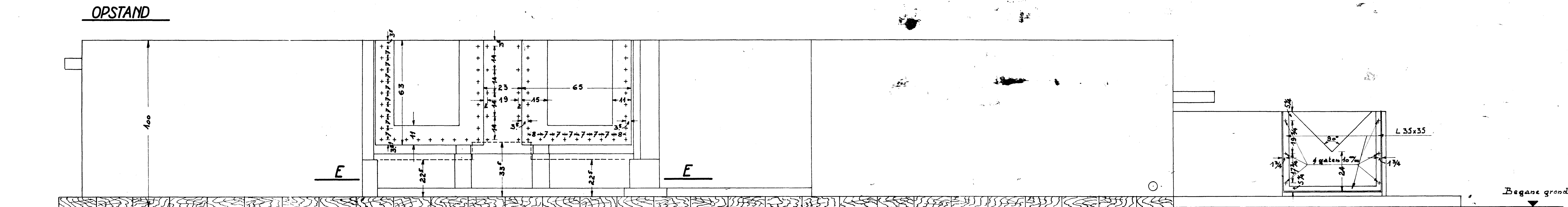
16 Juni 1934.

DOORSNEDE F-F



PLATTEGROND (DOORSNEDE D-D)





MODEL SPUI OOSTENDE

SAMENTEEKENING DER SPUIKOPPEN VII

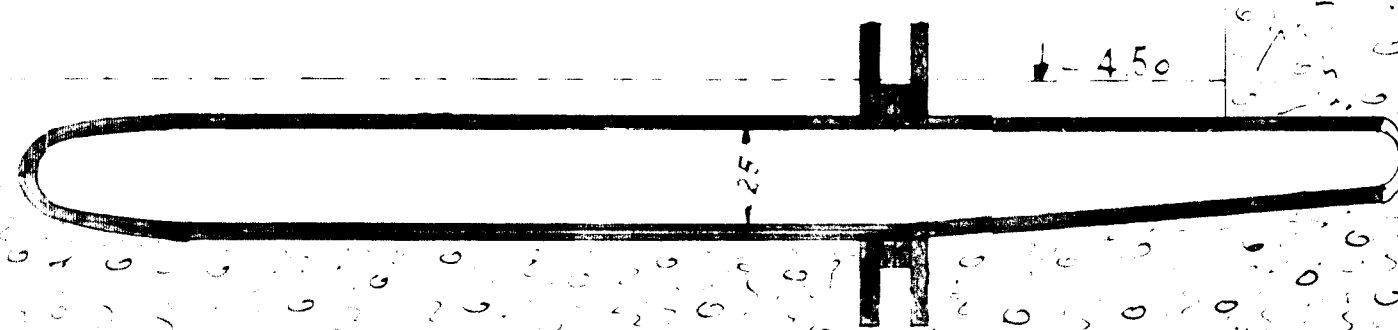
SCHAAL DER TEEKENING: 1/2 MODEL

SCHAAL MODEL: 1/20 NATUUR

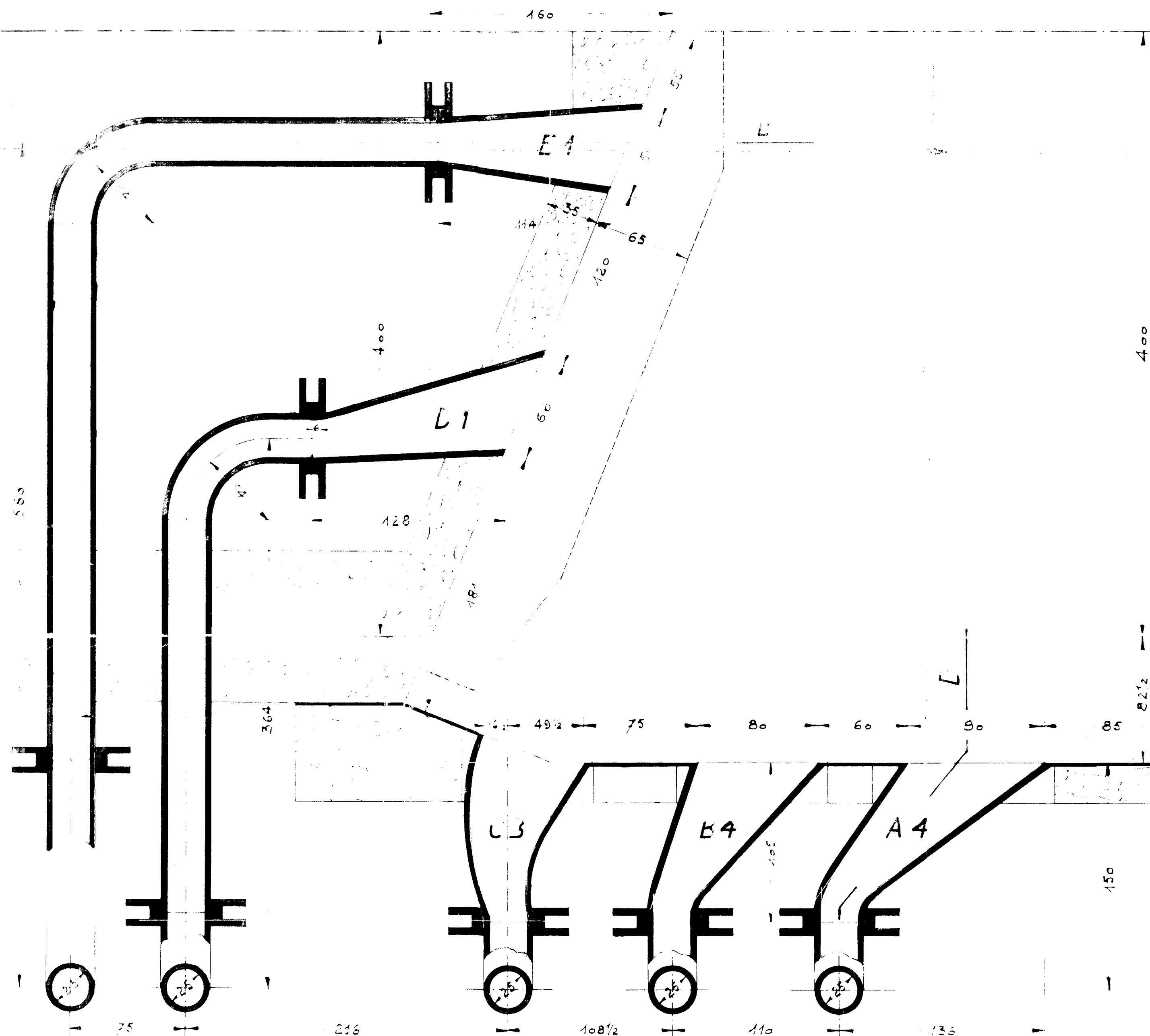
De afmetingen aangeduid in millimeters

De afmetingen vermenigvuldigd met 20 geven de maten der werkelijke grootte

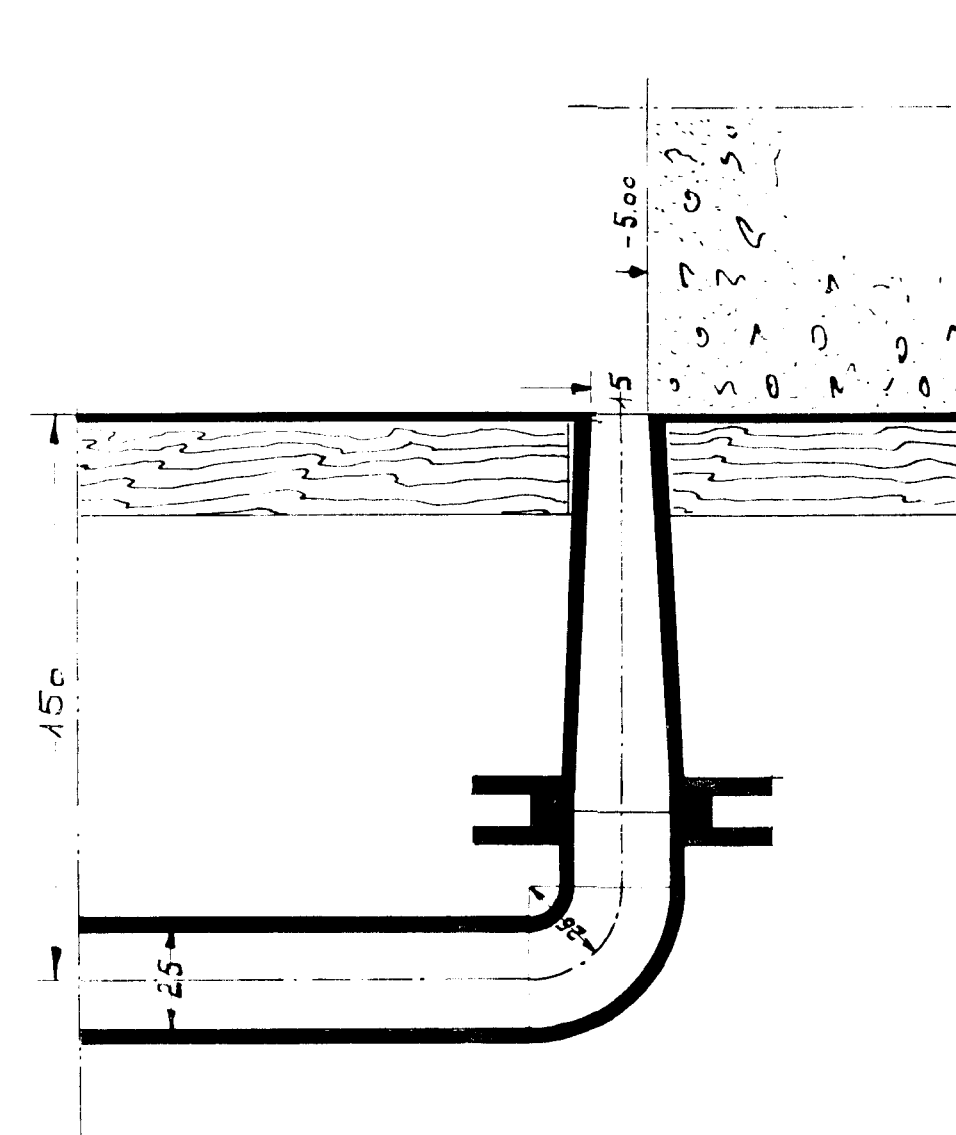
Plan nr. 2



DOORSNED E A-E



PLATTEGROND



DOORSNED E C-D